

海湾扇贝正反交两个家系形态学指标比较分析

秦艳杰^{1,2}, 刘 晓¹, 张海滨¹, 张国范¹

(1. 中国科学院 海洋研究所 山东青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院 北京 100039)

摘要:以海湾扇贝(*Argopecten irradians irradians*)正反交两个 F₁ 代家系为材料,研究了壳长、壳宽、壳高、全湿质量、软体部质量和壳质量 6 个生长指标的分布特点。结果表明,各指标两两之间均显著相关,3 个质量指标均完全符合正态分布($P>0.05$),3 个长度指标略偏离正态分布($0.01<P<0.05$)。相对于标准正态分布来讲,各形态学指标较小的个体略多。6 个性状指标均呈连续分布状态,符合数量遗传学特点。6 个指标在正反交后代中差异显著,但均显著高于自交群体。且在反交群体中各指标离散程度较高,初步说明同一扇贝产生雌雄配子时亲本效应不同。

关键词: 海湾扇贝 (*Argopecten irradians irradians*); 正反交; 形态学指标

中图分类号: S917 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096 (2007)03-0022-06

海湾扇贝(*Argopecten irradians irradians*)原产于美国大西洋沿岸,1982 年引入中国以来,首次形成了海湾扇贝的养殖业^[1, 2]。海湾扇贝的养殖生态学,群体遗传学的研究也广泛开展起来^[3-5]。近年来,随着养殖领域的逐渐扩大和养殖历史的增长,病害频发、个体小型化等问题凸现,虽然可以通过反复引种^[6-8],使上述问题在一定程度上得以缓解,但终非长久之计。只有从种质入手,借助于遗传改良及育种技术,才能从根本上解决目前的海湾扇贝养殖业所面临的问题。

生长相关性状的遗传学基础分析不仅是分类学的基础,同时也是遗传育种工作的理论基础。海湾扇贝由于地理区域的不同,存在一定的表型变异,这也正是 4 个亚种的分类基础^[9]。这些表型变异主要指的是外壳的特征,而对这些外壳特征的遗传学基础研究的却很少。目前,只有海湾扇贝北部亚种 (*A. i. irradians*) 的两个贝壳特征——壳色和放射肋的数目被证明是遗传的^[10]。作者将通过这个亚种正反交的 F₁ 群体的各生长指标分析,阐述这些表型性状的分布特点和可能的遗传学基础。

1 材料与方 法

于 2003 年 5 月,按照本实验室海湾扇贝杂交家系的建立方法^[11],分别收集两个海湾扇贝 A 和 B 的雌雄配子进行交配实验。其中正反交获得的 F₁ 代群

体命名为 AB (A♀×B♂) 和 BA (B♀×A♂)。同时两个个体分别自交,自交后代分别命名为 AA (A♀×A♂) 和 BB (B♀×B♂)。4 个后代群体分别隔离培养,幼虫培育过程中控制相同密度;幼虫附着后每一个月分苗一次并控制各组密度相当;养成过程均在自然海区扇贝笼中进行,每层 30 只(每笼 10 层)。

2004 年 1 月,在 AB 和 BA 群体中分别随机取样 130 个和 129 个,BB 群体只存活了 7 个个体,全部取样,而 AA 群体没有存活个体。游标卡尺测量壳长、壳高、壳宽,对于壳高和壳宽两个指标,采用 Wilbur^[10] 的标准确定。称其湿质量,同时解剖测得软体部质量以及壳质量。各个指标平均值、标准差(SD)、单因素方差分析、性状之间的相关关系分析(Pearson's)及各性状分布图在 SPSS11.5 上完成。峰度

收稿日期: 2006-05-30; 修回日期: 2006-06-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30500381;30671622); 国家 863 计划资助项目(2006AA10A408); 山东省博士后科研项目(200603055)

作者简介: 秦艳杰(1977-),女,黑龙江阿城人,博士研究生,主要从事贝类遗传育种工作, E-mail: qin_tina@163.com; 张国范, 通讯作者, 电话: 0532-82898701, E-mail: gzfzhang@ms.qdio.ac.cn

(Kurtosis)、偏度(Skewness)计算在 SAS8.0 软件中利用程序 PROC UNIVARIATE 完成,同时通过 Shapiro-Wilk 函数对各性状进行正态分布检验。

2 结果与分析

表 1 给出了 6 个形态学性状的平均值等指标,相比之下,各指标在反交群体中离散程度较高,标准偏差较大。反交群体中各指标平均值均显著高于正交群体 ($P<0.05$),其中,反交群体壳长、全湿质量和壳

质量 3 个性状指标极显著地高于正交群体的相应值 ($P<0.01$)。自交群体 BB 各指标均显著低于杂交群体 ($P<0.01$)。正反交群体中,各指标两两之间均显著相关, Pearson 相关系数为 0.785~0.949 (表 2)。两群体中,以壳长与壳高、全湿质量与壳质量之间的相关系数最高。

各指标的分布情况检验结果见表 1,除壳宽指标在正交群体中偏度为正值外,其余指标偏度均为负

表 1 群体各性状分析及正态分布检验结果

Tab. 1 Analyses and normal distribution test for traits

指标		平均值 \pm SD	最小值	最大值	偏度	峰度	P 值	显著性
壳长	AB	47.38 \pm 3.65	35.81	55.45	-0.56	0.78	0.0243	0.005
	BA	48.76 \pm 4.18	30.90	56.72	-0.84	1.58	0.0008	
	BB	45.09 \pm 3.67	40.43	51.24				
壳高	AB	47.13 \pm 3.43	36.14	55.78	-0.51	0.65	0.0226	0.018
	BA	48.23 \pm 3.98	33.92	56.49	-0.59	0.34	0.0143	
	BB	43.45 \pm 6.29	31.85	51.90				
壳宽	AB	18.33 \pm 1.32	13.82	21.98	0.03	1.20	0.0363	0.018
	BA	18.74 \pm 1.45	13.92	22.30	-0.67	0.62	0.0054	
	BB	17.82 \pm 1.32	16.25	17.97				
全湿质量	AB	17.78 \pm 3.26	8.70	27.10	-0.09	0.31	0.6850	0.007
	BA	18.98 \pm 3.81	7.60	27.90	-0.37	-0.12	0.2575	
	BB	16.39 \pm 3.81	11.90	23.60				
软体部质量	AB	6.07 \pm 1.32	2.40	9.90	-0.21	0.29	0.4448	0.024
	BA	6.46 \pm 1.47	2.00	9.60	-0.32	0.01	0.5542	
	BB	4.89 \pm 1.30	3.40	7.20				
壳质量	AB	7.81 \pm 1.39	4.50	11.30	-0.11	-0.08	0.6511	0.000
	BA	8.52 \pm 1.62	3.60	12.10	-0.33	-0.23	0.2212	
	BB	6.91 \pm 0.87	5.60	8.50				

表 2 正反交群体各性状两两之间 Pearson 相关系数

Tab. 2 Linear correlations between every two traits in reciprocal cross population

指标	AB						
	壳长	壳高	壳宽	全湿质量	软体部质量	壳质量	
BA	壳长		0.943	0.837	0.879	0.850	0.909
	壳高	0.928		0.825	0.881	0.875	0.908
	壳宽	0.825	0.785		0.808	0.798	0.863
	全湿质量	0.920	0.894	0.874		0.866	0.918
	软体部质量	0.856	0.828	0.835	0.913		0.868
	壳质量	0.888	0.862	0.866	0.949	0.868	

值,即分布曲线峰值偏右,左侧更为扩展,说明有少数变量值较小。壳质量及反交群体的全湿质量指标的峰度为负值,其余指标的峰度均为正值。从Shapiro-Wilk 函数检验所得的 P 值可以看出,3 个质

量指标完全符合正态分布 ($P>0.05$),而 3 个长度指标则略偏离正态分布 ($P<0.05$)。自交群体由于数目较少,因此未作正态分布相关检验。正反交群体各指标频率分布见图 1 和图 2。由图中可以看出,反交群

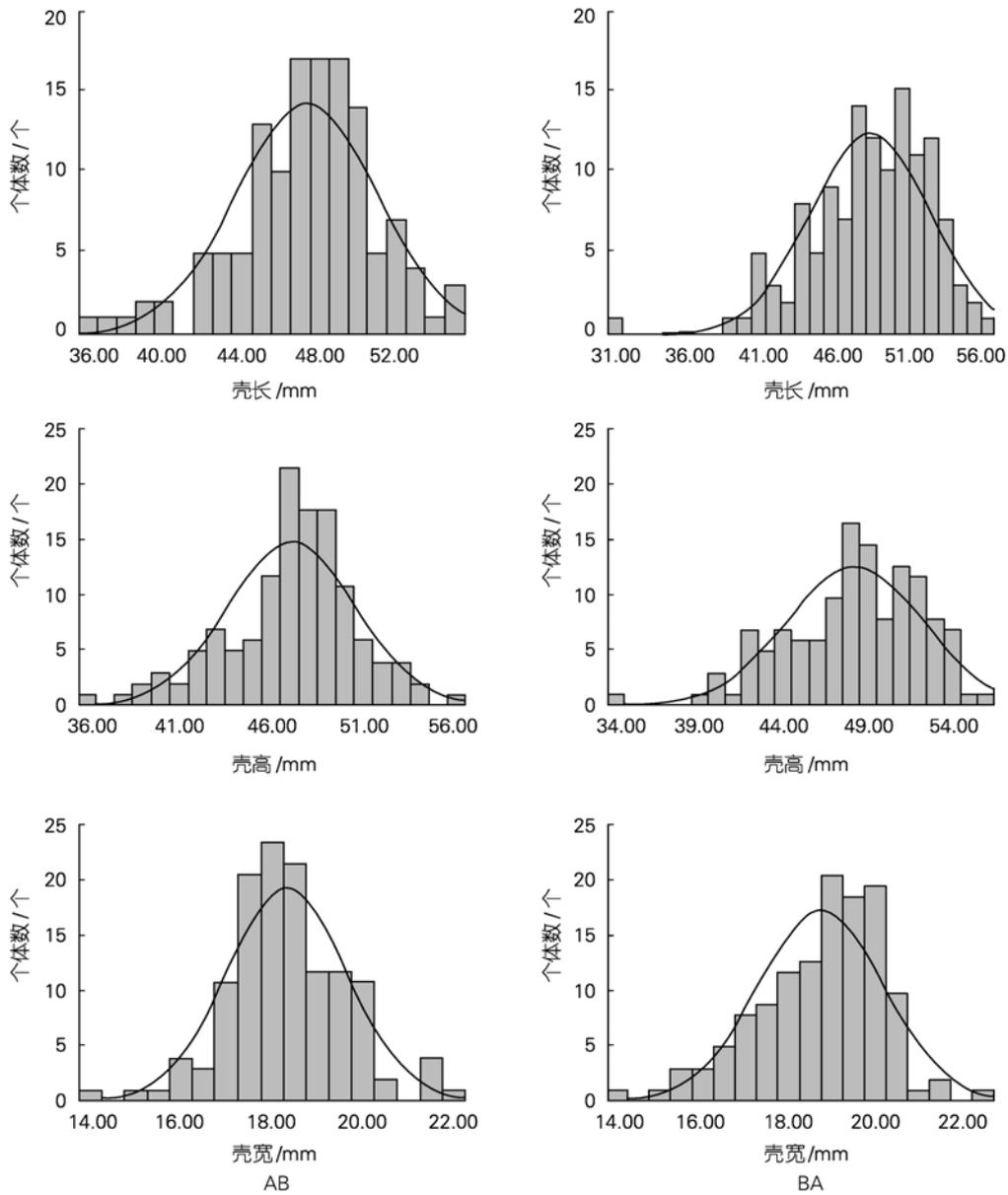


图 1 正反交群体壳长、壳高、壳宽的频率分布

Fig. 1 Frequency distributions for Length, Height and Width in AB and BA

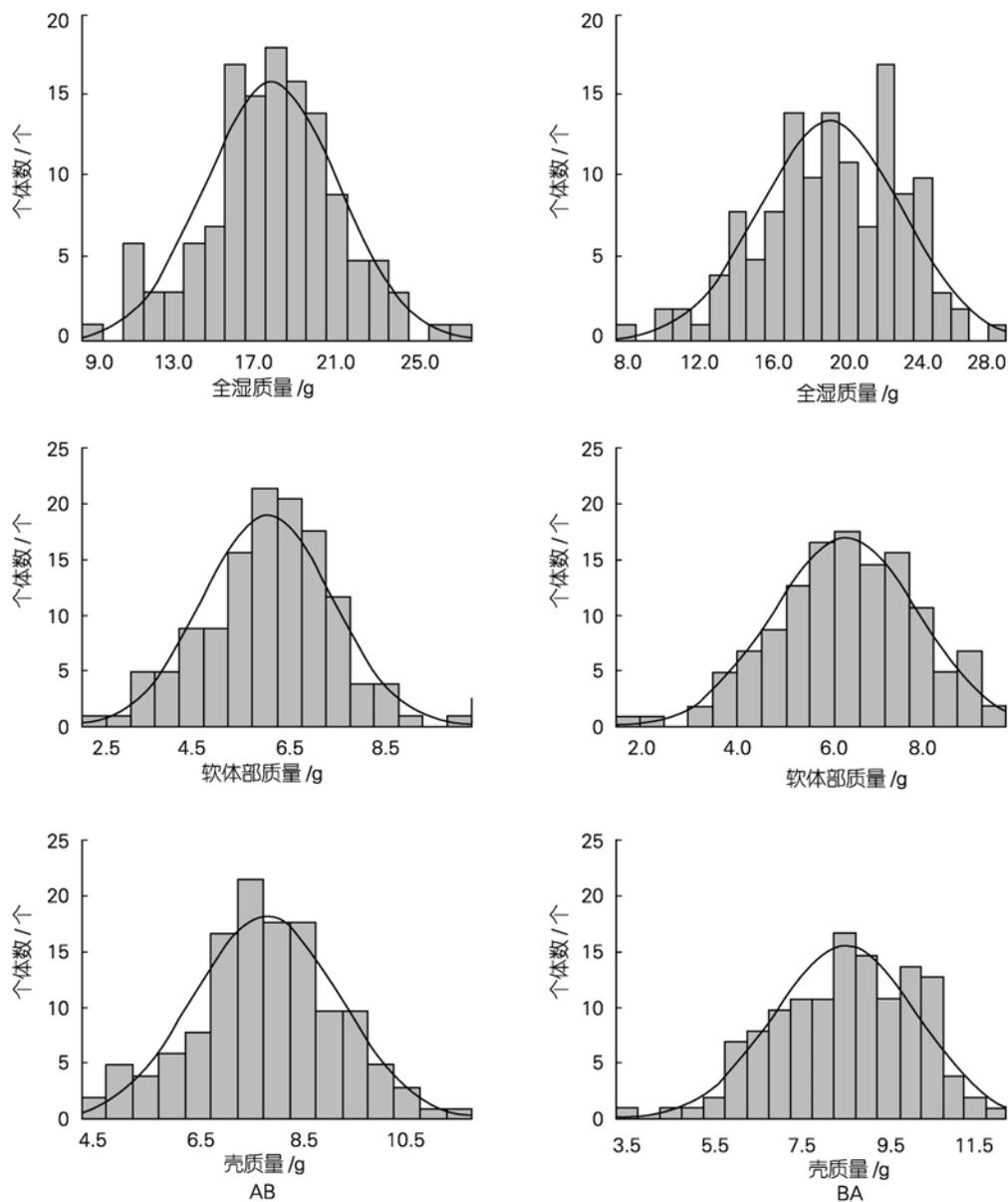


图2 正反交群体全湿质量、软体部质量、壳质量分布

Fig. 2 Frequency distributions for total weight, soft weight and shell weight in AB and BA

体各指标所跨区域较广，每个数值区域个体数相对较少，因此离散程度较正交群体大。正反交各性状指标基本上呈连续分布现象，属于典型的数量性状遗传或多基因遗传。

3 讨论

互交后代往往会出现后代表型性状上的差异，一般认为是因为母本效应或父母本的交互作用而引起

的。虹鳟 (*Salmo gairdneri*) 的生长率和存活率受到母本效应的影响^[12]；太平洋牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 存在显著的母本×父本的交互作用^[13]；而母本和父本对 *Argopecten circularis* 的生长也存在显著的作用^[14]。许多文献报道了贝类幼体发育阶段,存在较大的显性效应和母本效应^[15]。海湾扇贝是雌雄同体型贝类,每个个体可以产生具有受精能力的雌雄配子,因此两个扇贝便可以完成双列杂交。本实验依据双列杂交原理,利用两个扇贝完成。但由于自交群体存活个体较少或根本未存活,因此使双列杂交不完整。尽管如此,本研究发现正反交群体中 6 个生长性状均存在一致的显著差异,反交群体各性状均显著高于正交群体,且反交群体中个体间各性状离散程度较高。说明海湾扇贝也存在一定的亲本效应。关于亲本效应的本质研究需要进一步重复试验和完整的双列杂交方可完成。

本实验中自交家系 AA 和 BB 存活个体较少或根本无法存活,究其原因可能与自交所产生的衰退和适应性差有关。在牡蛎的研究中,任何程度的近交(近交系数 $F > 0$) 都会导致形态学指标的衰退,雌雄同体型牡蛎的自交后代在幼虫和成体阶段会产生存活和(或)生长等的衰退现象^[16-19]。本实验所得的海湾扇贝自交 AA 和 BB 群体,近交系数为 $F = 0.5$ 。自交过程使等位基因迅速纯化,有害隐性等位基因的纯合将是自交后代存活率低的主要原因。另外,自交过程由于只有一个亲本的遗传背景,相应的遗传变异较小,对环境变化的适应性较低,这也是自交后代生长和存活等性状衰退的一个原因。

分离群体 (F_2, F_3) 或非分离群体 (P_1, P_2, F_1) 的个体间数量性状表现型呈连续变异,且各群体的变异呈正态分布或近似正态分布,这是数量性状的典型特征^[19]。一般认为数量性状可以在测量中采用定量的方法加以研究。本研究正反交所得的 2 个 F_1 群体 6 个性状均呈现连续分布,完全或近似符合正态分布,可以初步说明这几个生长性状属于典型的数量性状。数量性状的典型特点是由多个基因控制,基于数量性状的选择是有效的。海湾扇贝生长性状的选择研究已有成功报道^[20, 21],这也说明了海湾扇贝生长性状的数量遗传学特点。值得指出的是,各性状进行正态分布检验时,大都发现小数值的个体较多,这一现象虽然对群体的整体分布没有实质性的影响,但可能与海湾扇贝遗传学特点以及养殖过程中的个体小型化有关,这方面的研究还需要重复试验以及进一步的遗传学

分析。

性状间相关性的原理较为复杂,因此目前关于贝类性状遗传相关的报道较少。Ibarra 对 *Argopecten ventricosus* 壳宽和全湿质量进行选择时,得出两者间的遗传相关系数为 1.09 ± 0.05 ^[22]。性状的表现型相关、遗传相关和环境相关之间存在密切的关系,性状的表现型相关是遗传因素和环境条件共同作用的结果。其中遗传相关是由基因多效性作用的结果,这是相关的本质所在。因此,性状间遗传相关的大小可直接作为选择的依据。本实验正反交群体中,各指标两两之间均存在显著的相关关系,尤以壳长与壳高、全湿质量与壳质量之间的相关系数最高。另外,选择的效果与遗传力有关,遗传力越高的性状选择反应的效果越明显。绝大多数双壳贝类的遗传力在 0.2~0.5 之间^[20],相比其他双壳类关于现实遗传力的报道,海湾扇贝的遗传力处于中等水平^[22-25]。因此在常规的选择育种中可以通过遗传力的研究,结合各性状之间的相关关系参照进行选择,从而达到综合选择的目的。

参考文献:

- [1] 张福绥. 中国海湾扇贝养殖业的发展[J]. 海洋科学, 1992, 4: 1-4.
- [2] Guo X M, Ford S E, Zhang F S. Molluscan aquaculture in China[J]. *J Shellfish Res*, 1999, 18: 19-31.
- [3] 张福绥, 何义朝, 刘祥生, 等. 海湾扇贝(*Argopecten irradians*)引种、育苗及试养[J]. 海洋与湖沼, 1986, 17 (5): 367-374.
- [4] 张喜昌, 梁玉波, 刘仁沿, 等. 海湾扇贝养殖群体遗传多样性的研究[J]. 海洋学报, 2002, 24 (20): 107-113.
- [5] 张雯, 刘晓, 张国范. 利用 AFLP 技术研究海湾扇贝不同养殖群体的遗传结构及其分化[J]. 高技术通讯, 2005, 15 (4): 84-88.
- [6] 张福绥, 何义朝, 元玲欣, 等. 墨西哥湾扇贝的引种和子一代苗种培育[J]. 海洋与湖沼, 1994, 25 (4): 372-377.
- [7] 张福绥. 近现代中国水产养殖业发展回顾与展望[J]. 世界科技研究与发展, 2003, 25 (3): 5-13.
- [8] 李云福, 刘路伟, 邢光敏, 等. 美国海湾扇贝引种制种及选育技术报告[J]. 河北渔业, 2000, 2: 29-32.
- [9] Clarke A H. The scallop superspecies *Aequipecten irradians* (Lamarck) [J]. *Malacologia*, 1965, 2(2): 161-188.
- [10] Wilbur A E, Gaffney P M. A genetic basis for geographic variation in shell morphology in the bay scallop, *Argopecten*

- irradians* [J]. *Marine Biology*, 1997, 128: 97-105.
- [11] 郑怀平, 张国范, 刘晓, 等. 海湾扇贝杂交家系与自交家系生长和存活比较[J]. *水产学报*, 2004, 28 (3): 267-271.
- [12] Gerde B. Complete diallele cross between six inbred groups of rainbow trout, *Salmo gairdneri*[J]. *Aquaculture*, 1988, 75: 71-87.
- [13] Lannan J E. Broodstock management of *Crassostrea gigas*. Inbreeding and larval survival[J]. *Aquaculture*, 1980, 21: 353-356.
- [14] Cruz P, Ramirez J L, Garcia R G, et al. Genetic difference between two populations of catarina scallop (*Argopecten ventricosus*) for adaptations for growth and survival in a stressful environment[J]. *Aquaculture*, 1998, 166: 321-335.
- [15] Jones R, Bates J A, Innes D J, et al. Quantitative genetic analysis of growth in larval scallops (*Placopecten magellanicus*) [J]. *Marine Biology*, 1996, 124: 671-677.
- [16] Buchlin K A. Analysis of the genetic basis of inbreeding depression in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. PhD dissertation[R]. Davis, CA, USA: University of California Davis, 2004.140.
- [17] Launey S, Hedgecock D. High genetic load in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* [J]. *Genetics*, 1980, 159: 255-265.
- [18] Hedgecock D, McGoldrick D J, Bayne B L. Hybrid vigor in Pacific oyster: an experimental approach using crosses among inbred lines [J]. *Aquaculture*, 1995, 137: 285-298.
- [19] 徐云碧, 朱立煌. 分子数量遗传学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 12-13.
- [20] Zheng H P, Zhang F F, Liu X, et al. Different responses to selection in two stocks of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2004, 313: 213-223.
- [21] Zheng H P, Zhang G F, Liu X. Sustained response to selection in an introduced population of the hermaphroditic bay scallop *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. *Aquaculture*, 2006, 255: 579-585.
- [22] Ibarra A M, Ramirez J L, Ruiz C A, et al. Realized heritabilities and genetic correlation after dual selection for total weight and shell width in catarina scallop (*Argopecten ventricosus*) [J]. *Aquaculture*, 1999, 175: 227-241.
- [23] 郑怀平. 海湾扇贝两个养殖群体数量性状及壳色遗传研究[D]. 中国科学院研究生院博士论文, 2005.
- [24] Newkirk G F. Review of the genetics and the potential for selective breeding of commercially important bivalves [J]. *Aquaculture*, 1980, 19: 209-228.
- [25] Wada K T. Genetic selection for shell traits in the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* [J]. *Aquaculture*, 1986, 57: 171-176.

Analysis on morphological characters in reciprocal-cross populations in bay scallop, *Argopecten irradians irradians*

QIN Yan-jie, LIU Xiao, ZHANG Hai-bin, ZHANG Guo-fan

Received: May, 30, 2006

Key words: *Argopecten irradians irradians*; reciprocal cross; morphological characters

Abstract : Two reciprocal-cross F_1 populations with two scallops were established and length, height, width, total weight, soft weight and shell weight were measured. All the morphological characters were significantly different ($P < 0.05$) in two populations. The correlation coefficients among every two traits were significant ($P < 0.05$). Six characters related with growth were completely or almost accordant with normal distribution, despite some small individuals occurred more than the ones being expected. All traits were distributed continuously and shared the characters as quantitative traits. Individuals from self-fertilization had lowest levels of all traits. It was suggested that there were parental effects that influenced the growth in bay scallop.

(本文编辑: 张培新)